

文章编号:1001-4888(2005)04-0615-08

高耸异型烟囱结构风压和风振系数试验研究^{*}

李庆祥¹, 孙炳楠¹, 楼文娟¹, 童建国², 方伟定², 杨仕超³, 陈东红³

(1. 浙江大学 建工学院, 杭州 310027; 2. 浙江省电力设计院, 杭州 310007; 3. 广东省建筑科学研究院, 广州 510500)

摘要: 本文在模拟的大气边界层中,对某一发电厂高耸异型烟囱的刚性模型进行了测压试验研究,得到了这一结构的平均风压系数、最大和最小风压系数分布,以及该结构的风荷载体型系数;结果表明在烟囱外形明显变化的局部区域,风压绝对值较大,与理论分析一致。同时,对动态测力试验模型进行了高频动态天平测力试验研究,详细介绍了试验及数据处理方法,根据试验结果计算得到了该烟囱在风作用下的动力响应和风振系数;根据试验结果计算所得的风振系数值大于按规范公式估算值。这些结果不仅为结构的风荷载计算提供了依据,也有助于进一步认识该类异性烟囱结构的风荷载和风振特性。

关键词: 异型烟囱; 刚性模型; 风洞试验; 高频动态天平; 风振系数

中图分类号: TU279.7⁺42; TU973⁺.32

文献标识码: A

1 引言

烟囱是火力发电厂的重要组成部分。某电厂工程的烟囱为四管组合烟囱,外筒为钢筋混凝土结构,烟囱底部平面尺寸为 28.928m×28.928m,烟囱顶部平面尺寸为 19.942m×19.942m,烟囱高度为 205m,内设 4 个直径为 6m 的排烟筒,还设有扶梯供检修使用,内筒和外筒之间每隔 30m 通过桁架彼此相连,总高度达 210m。混凝土外筒的截面形状是由几段圆弧曲线组成的类方形截面,外形美观,此类烟囱在国内尚是首次使用,打破了国内烟囱统一式样的局面,是一种创新。但是与常规的圆筒或方形烟囱相比,烟囱外形较为复杂,受力面积提高了许多,在曲线截面上的风压分布较为复杂,特别是负风压会提高很大,最不利的风向角也有所改变。对于这样的高耸烟囱而言,风荷载是结构设计的控制荷载,而且该烟囱结构形式特殊,对功能亦有特殊要求,工程设计中无规范可依,因此有必要通过风洞试验来研究其抗风性能^[1]。

建筑物风洞模型试验现有的主要试验方法包括刚性模型测压试验、高频动态天平测力试验和气动弹性模型测振试验等。其中,高频动态天平模型试验技术是 80 年代初随着高频动态天平设备及其支持理论的发展和完善而逐步发展起来的^[2,3]。高频动态天平试验的模型为刚性模型,它往往只能按结构的第一振型的动态响应,求出顶部的位移和加速度,对于该混凝土烟囱结构来说已具有足够的精度。因而通过高频动态模型试验确定烟囱的顺风向风振系数 β ,采用刚性模型测压试验确定风荷载体型系数 μ_s 。通过刚性模型测压和高频动态天平模型试验,获得了该异型烟囱结构的平均风压分布规律以及风振响应特性和风振系数,为设计提供必要和可靠的依据。

2 刚性模型表面测压风洞试验

2.1 试验模型及测点布置

^{*} 收稿日期: 2004-06-03; 修订日期: 2005-08-08

通讯作者: 李庆祥(1978-),男,博士研究生,主要从事结构风工程方面的研究。

测压试验模型是根据建筑设计图纸,按几何相似要求,用硬质塑料加工制作。模型缩尺比为 1:150,模型外观及在风洞中的试验位置如图 1 所示。模型在风洞中的阻塞比小于 6%,满足了风洞试验的要求;为了尽可能满足烟囱圆弧部位存在的模型与原型绕流相似,在模型的圆弧部位分别粘贴了粗糙纸条,以减小烟囱模型与原型雷诺数差异产生的影响。因此试验所得的无量纲参数可直接应用于建筑物实体。

为测取烟囱各立面上沿不同高度,尤其是拐角、形状突变处的表面风压,在烟囱模型上共布置了 250 个测点,测点分布在烟囱 A~J 共 10 个截面上,各截面的测点数目均为 25 个测点,其布置情形根据截面形状、尺寸确定。测点布置截面标高及平面位置见图 2。每个测点按具体需要埋设外径为 1.6mm 的不锈钢管,测压管垂直建筑物表面,并使测压管表面与模型表面齐平无凹凸。

2.2 风场模拟

考虑到一般大型发电厂烟囱周围的地貌较为空旷,根据有关规范^[4],确定该建筑处于 A 类地貌,粗糙度指数 $\alpha=0.12$,50 年一遇的基本风压为 0.6kN/m^2 ,相当于离地面 10m 高度处 10 分钟的平均风速 $U_0=31\text{m/s}$ 。离地面不同高度处的平均风速用指数规律描述:

$$U_z = U_0 (Z/Z_0)^\alpha \quad (1)$$

式中 U_0 为离地面 10m 高度处,50 年重现期,10 分钟的平均风速, U_z 为离地面高度 Z 处的平均风速。在风洞中,由风洞口的尖塔和风洞底壁的无数小方块-粗糙元来实现上述风速剖面的模拟,并在风洞试验前进行测试和校验。在建筑风洞中模拟了 A 类大气边界层气流,风洞中模拟的平均风剖面及脉动风速纵向脉动功率谱和已有的理论结果吻合较好,如图 3 所示。



图 1 刚性模型照片

Fig. 1 Photo of rigid model

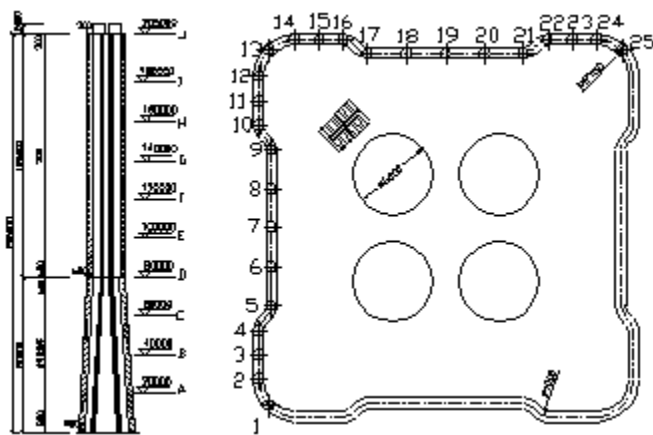


图 2 刚性模型测压试验测点布置示意

Fig. 2 Measuring point layout of rigid modal

2.3 试验主要结果及处理

风洞试验按图 4 所示定义风向角,依次按逆时针方向转换风向角共进行了 13 个风向角下的动态风压测定。在各风向角下,均测得各测点的平均风压系数、风压系数的极大值和极小值,以及脉动风压均方根值。

本次模型试验中各测点风压系数的计算方法系按目前国内外风工程惯用的方法,即按下式计算

$$C_{pi} = \frac{P_i - P_\infty}{0.5\rho V_\infty^2} \quad (2)$$

式中: C_{pi} 是建筑物表面某测点 i 的风压系数; P_i 是测点 i 的风压值; P_∞ 是参考点静压力值; V_∞ 是参考点的风速,对于本次试验 $V_\infty=10.13\text{m/s}$ 。风压系数 C_{pi} 是一个无量纲参数,由相似原理可知,风洞试验中模型的无量纲参数与实物的无量纲参数一致,因此模型上各测点的风压系数 C_{pi} 即为实物对应点的风压系数。

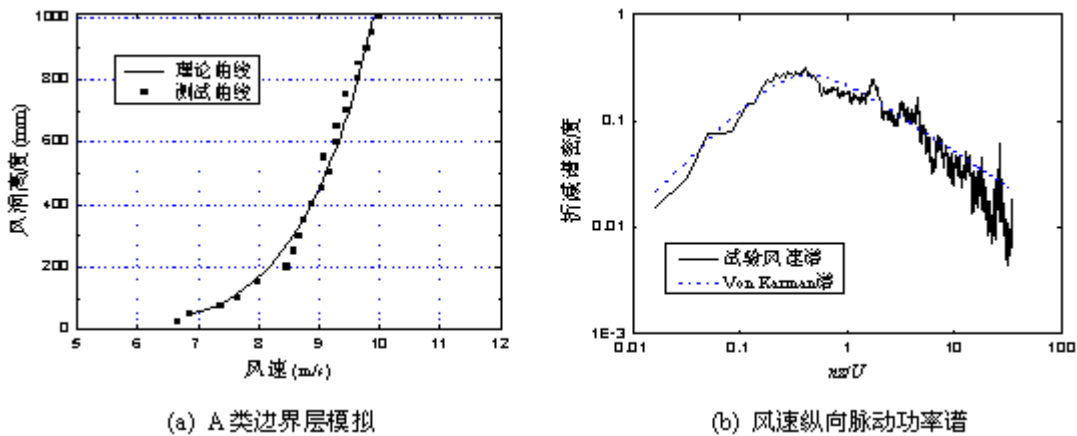


图 3 风洞中 A 类地貌的模拟结果
Fig. 3 Mean wind speed and power spectrum of wind field in Terrain A

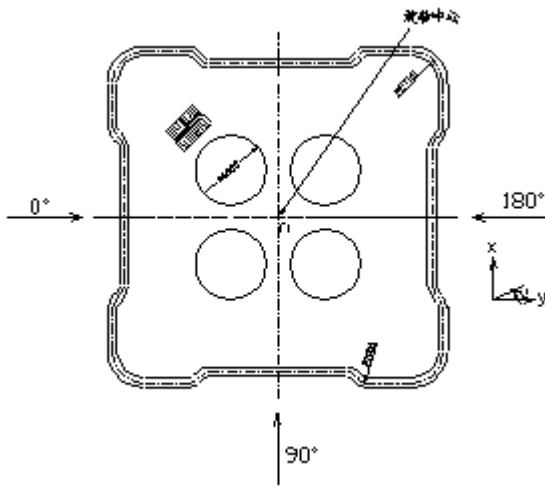


图 4 测压试验风向角示意图
Fig. 4 Wind azimuth of wind pressure test



图 5 动态天平试验模型照片
Fig. 5 Photo of high-frequency-force-balance test model

风载体型系数 μ_{si} 与风压系数 C_{pi} 的关系为:

$$\mu_{si} = C_{pi} \mu_{sr} / \mu_{zi} \tag{3}$$

式中: μ_{sr} 为参考点处的风压高度变化系数; μ_{zi} 为 i 点的风压高度变化系数。为了便于工程应用及与规范相对照, 本文将模型风洞试验测得的风压系数按式(3)转换成相应的体型系数, 该体型系数为建筑物各测点处的局部体型系数。抗风设计中, 各风向角下的平均风压系数的最大正、负值起着控制作用, 因此表 1 和表 2 分别给出了各个风向角下各分区中出现较大平均正风压、负风压(吸力)的测点及相应的数据。从表中数据可以看出, 0° 、 15° 和 90° 为最不利风向角, 随着高度增加, 正风压为逐渐增大趋势; 烟囱圆弧段为所有最大负风压出现区域, 说明对于此类截面形式的高耸烟囱与常规的圆筒或方形烟囱相比, 在曲线截面上的风压分布较为复杂, 特别是负风压会提高很大。

表 1 出现最大平均正压的测点及相应数据

Tab. 1 The measuring points with maximal positive average pressure and corresponding data

测点 编号	风压 系数	风压 (kN/m ²)	体型 系数	相应 角度
A6	0.577	0.990	1.015	15
B6	0.658	1.130	0.980	0
C6	0.698	1.199	0.943	0
D8	0.737	1.264	0.929	0
E6	0.755	1.295	0.902	0
F6	0.824	1.413	0.942	0
G5	0.837	1.436	0.922	15
H6	0.885	1.519	0.945	15
I5	0.941	1.614	0.976	15
J1	0.852	1.463	0.857	45

表 2 出现最大平均负压的测点及相应数据

Tab. 2 The measuring points with maximal negative average pressure and corresponding data

测点 编号	风压 系数	风压 (kN/m ²)	体型 系数	相应 角度
A13	-1.551	-2.661	-2.727	0
B13	-1.795	-3.079	-2.672	0
C1	-1.575	-2.703	-2.127	90
D1	-1.862	-3.195	-2.348	0
E1	-1.834	-3.147	-2.192	90
F1	-1.846	-3.168	-2.112	0
G13	-1.752	-3.007	-1.931	0
H1	-1.955	-4.949	-2.086	90
I13	-2.014	-4.401	-2.090	0
J2	-1.665	-2.857	-1.674	90

3 高频动态天平试验

3.1 试验模型和试验设备

动态天平试验模型的设计除了要模拟烟囱的外形,还要满足轻质和刚度要求,以保证天平—模型系统有足够高的频率。根据烟囱的实际高度、模型制作和风场模拟的可能性,选择烟囱风洞动态测力试验模型缩尺比为 1:300,模型总高度为 0.7m。采用轻木薄片制造外形,用轻木条为框架,模型见图 5 所示。

试验所用的仪器有:高频底座五分量动态天平,8300AU 放大器,信号分离器,A/D 高速数据采集系统,微型电脑,精密压力计等。天平—模型系统的频率为:气动力分量为 $F_x=215\text{Hz}$, $F_y=287.5\text{Hz}$;基底气动扭转分量为 $M_z=287.5\text{Hz}$;气动弯矩分量为 $M_x=552\text{Hz}$, $M_y=552\text{Hz}$ 。在天平—模型系统的频响特性和天平输出信号的信噪比之间寻求平衡,确定试验风速为 9.95m/s。模型安装在风洞试验段转盘的中心,模型改变方位角时,天平与模型一起转动。作用在天平各分量的力或力矩以电信号的形式输出给放大器进行放大,然后再送给计算机,由计算机进行数据采集。

3.2 测力法的基本概念

高耸结构对风荷载的响应从本质上讲是由平均响应加每一个基本振型的共振响应所组成。计算模态响应是比较复杂的,因为这需要包括例如模态形状、相关性、阵风的尺度和空气动力效应等。但高耸结构一般都有一个模态形状基本上是直线的基频。Vickery 在 1970 年得到了一个假设基频振型模态形状为直线而引起误差的公式^[5]。根据该公式计算,即使是在模态形状与直线的偏差较大的情况下,这种直线模态假设的误差大致上也只有 1%~3%。正是由于以上原因,直接用底座天平测量一般的基底倾覆荷载可以用于高耸结构的风振计算。

基于该混凝土高耸烟囱结构的风致振动主要由一阶振型贡献这一假设,其一阶广义坐标运动方程可写成

$$M_1 \ddot{x} + 2M_1 \omega_1 \zeta_1 \dot{x} + M_1 \omega_1^2 x = P_1(t) \quad (4)$$

这里, M_1 , ω_1 和 ζ_1 分别为结构的一阶广义质量、圆频率和阻尼比; $P_1(t)$ 为一阶广义力

$$P_1(t) = \int_0^H \varphi_1(z) p(z, t) dz \quad (5)$$

式中, H 为建筑物的高度。天平所测得的基底弯矩就是建筑物上的一阶广义荷载。同理, 如取扭转振型为常数, 则天平测得的基底扭矩就是一阶广义扭转荷载。当假设振型为理想振型, 即 $\varphi_1(z) = z/H$ 时, 广义力(荷载)变成:

$$\begin{aligned} P_{j,x} &= \frac{1}{H} \int p_x(z, t) \cdot z \cdot dz = \frac{1}{H} M_y \\ P_{j,y} &= \frac{1}{H} \int p_y(z, t) \cdot z \cdot dz = \frac{1}{H} M_x \\ P_{j,z} &= \frac{1}{H} \int p_z(z, t) \cdot r_F \cdot z \cdot dz = 0.70 M_z \end{aligned} \quad (6)$$

式中, M_x 和 M_y 为面力矩, M_z 为扭力矩; 0.70 为扭转广义荷载偏离沿高度线性分布的一个修正系数。

这样, 动态天平测得的力矩就直接转换成广义荷载, 并可以参与结构的位移及加速度的计算。高频底座天平具有很高的刚度和灵敏度, 在风洞中进行试验获得风荷载之后, 利用随机振动理论, 结合建筑物有关的结构参数(质量分布、阻尼、固有频率等), 可以计算出建筑物顶部的位移和加速度。

3.3 动态天平测量下的线弹性响应计算

一个弹性体的线性响应可以用普遍的表达式表述

$$R = \bar{R} + g\sigma_R \quad (7)$$

式中: $\bar{R}$ 是平均响应; σ_R 是均方根峰值响应; g 是一个无量纲的峰值因子, g 值大约是 3~4。其中 σ_R

$$= \frac{\sigma_P}{K^*} \sqrt{1 + \frac{\pi}{4} \frac{1}{\zeta_s + \zeta_a} \frac{f_0 S_F(f_0)}{\sigma_p^2}}。$$

峰值响应 σ_R 又可以分成两个部分: 准静态成份 σ_B 和共振成份 σ_{Re} , 分别表示为 $\sigma_B = \sigma_p / K^*$, $\sigma_{Re} = \frac{\sigma_R}{K^*}$

$\sqrt{\frac{\pi}{4} \frac{1}{\zeta_s + \zeta_a} \frac{f_0 S_F(f_0)}{K^{*2}}}$ 。其中: σ_p 是广义力的均方根值, K^* 是广义刚度, $S_F(f_0)$ 是在建筑自振频率 f_0 下的广义荷载功率谱, ζ_s 和 ζ_a 分别是结构阻尼比和气动阻尼比。

气动阻尼是依建筑自身运动而决定的, 只能用传统的气动弹性模型进行测量。然而对于一般典型的建筑而言, 在一定的风速之下, 气动阻尼是比较小的, 顺风向是正数, 横风向也是正数^[6]。根据以上公式, 将风荷载作用下建筑物的响应分为平均响应和动态响应, 动态响应又分为准静态响应(背景响应)和共振响应。将建筑物视为弹性体, 在平均风荷载的作用下, 建筑物的平均响应为

$$\bar{R}_x = \frac{\bar{M}_y}{K_x^* H} \quad \bar{R}_y = \frac{\bar{M}_x}{K_y^* H} \quad \bar{\theta}_z = \frac{0.70 \bar{M}_z}{K_z^*}$$

其中, $\bar{M}_x$ 、 $\bar{M}_y$ 为建筑物的静态倾覆力矩, $\bar{M}_z$ 为建筑物底部所受到的扭矩, 并有如下关系

$$\begin{aligned} \bar{M}_x &= \frac{1}{2} \rho V_H^2 \cdot A \cdot H \cdot M_x / (q \cdot a \cdot l) \\ \bar{M}_y &= \frac{1}{2} \rho V_H^2 \cdot A \cdot H \cdot M_y / (q \cdot a \cdot l) \\ \bar{M}_z &= \frac{1}{2} \rho V_H^2 \cdot A \cdot B \cdot M_z / (q \cdot a \cdot b) \end{aligned} \quad (8)$$

式中, ρ 为空气密度, A 为实际建筑物的参考面积, V_H 为实际建筑物顶部的设计风速, B 为实际建筑物的宽度, q 为试验模型顶部的参考风压, a 为试验模型的参考面积, l 为试验模型顶部至地面的高度, b 试验模型的参考宽度。

将风洞试验得到的动态荷载通过快速富里叶变换, 将时域函数变为频域函数, 即风荷载的功率谱密度函数, 再对功率谱密度函数进行积分, 便可得到动态风荷载的均方根值, 然后将均方根值化为广义力系数 $C_{\sigma, i}$, 则实际建筑所受力矩的均方根值为

$$\begin{aligned} \sigma_{M_x} &= \frac{1}{2} \rho V_H^2 \cdot A \cdot H \cdot C_{\sigma, x} \\ \sigma_{M_y} &= \frac{1}{2} \rho V_H^2 \cdot A \cdot H \cdot C_{\sigma, y} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\sigma_{M_z} = \frac{1}{2} \rho V_H^2 \cdot A \cdot B \cdot C_{\sigma_z}$$

其中, C_{σ_x} 、 C_{σ_y} 、 C_{σ_z} 为建筑物的广义力系数的均方根值。

将风荷载的功率谱曲线进一步化为规一化谱值: $f_i S_i(f_i) / \sigma_i^2$, 则共振或动力响应的均方根值

$$\sigma_{R_{R,i}} = \sigma_{R_{B,i}} \sqrt{\frac{\pi}{4} \frac{1}{\zeta_{si} + \zeta_{ai}} \frac{f_0 S_{Fi}(f_0)}{K^{*2}}} \quad (10)$$

其中, $S_F(f)$ 为动态风荷载的功率谱密度函数, $\sigma_{R_{B,x}} = \frac{\sigma_{M_y}}{K_x^* H}$, $\sigma_{R_{B,y}} = \frac{\sigma_{M_x}}{K_y^* H}$, $\sigma_{R_{B,\theta}} = \frac{0.70 \sigma_{M_z}}{K_z^*}$ 。

结合以上各式并代入试验测得的广义荷载, 可以计算出建筑物顶部的最大位移响应为

$$Y_{\max i} = \bar{Y}_i + g_s \sqrt{\sigma_{R_{B,i}}^2 + \sigma_{R_{R,i}}^2} \quad (11)$$

式中 $\bar{Y}_i$ 为 i 向的平均位移响应, g_s 为位移峰值因子。

3.4 动态天平测量结果分析

试验风向角增量为 7.5° , 考虑到烟囱结构的对称性, 模拟的风向角范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。由风洞试验得到烟囱的一阶顺风向和横风向的广义脉动气动力。由图 3 中的试验坐标示意可以看出: 在 0° 风向角下 y 向为顺风向, 在 90° 风向角下 x 向为顺风向。根据试验结果、结构的动力特性和风场特性, 应用高频动态测力天平分析结构动力响应的方法^[7], 就可以确定其风振动力响应。用 ANSYS 分析得到该烟囱 x 、 y 方向(弯曲)的基频为 0.556 Hz ; 计算结构风振响应时, 结构阻尼比取 5% ; 该烟囱在 $0 \sim 80 \text{ m}$ 截面连续变化, 壁厚为 $0.8 \sim 0.6 \text{ m}$ 连续变化; $80 \text{ m} \sim 205 \text{ m}$ 截面固定, 壁厚为 $0.6 \sim 0.3 \text{ m}$ 连续变化。通过计算, 烟囱沿高度的质量分布函数为

$$M_h = \begin{cases} 2.81 \times h^2 - 1623 \times h + 2.32 \times 10^5 & 0 \leq h \leq 80 \\ 1.58 \times 10^5 - 478.6 \times h & 80 \leq h \leq 205 \end{cases}$$

其中, h 为表示高度, 单位为 m ; M_h 单位为 kg/m 。

通过动态天平测量模型的受力, 得到模型的动态力和力矩。通过无量纲计算, 得到力及力矩系数。模型所受的力及力矩系数的平均值如图 6; 模型所受的力及力矩系数的均方根值如图 7。可以看出横风向的力系数很小, 而其力系数的均方根值却很大, 说明在烟囱侧面的涡流脱落造成了较强的横风向振动。

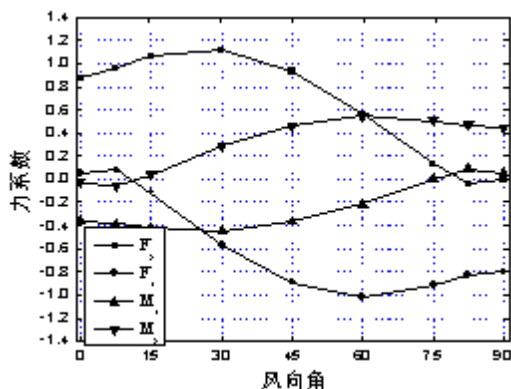


图 6 模型所受的力及力矩系数的平均值

Fig. 6 Mean factor of force and moment on model

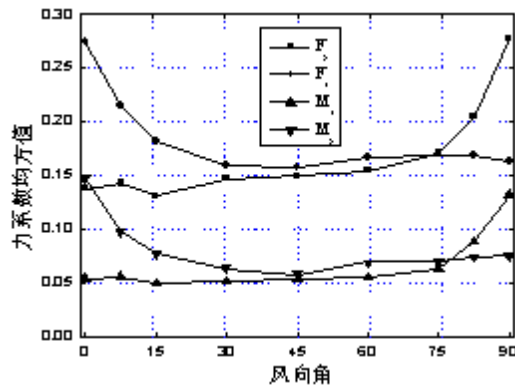


图 7 模型所受的力及力矩系数的均方根值

Fig. 7 Force and moment factor RMS value on model

3.5 计算结果分析

通过高频底座天平动态测力试验获得模型所受的力及力矩系数及相应均方根值后, 根据烟囱结构参数, 计算出该烟囱顶部的位移。图 8 和图 9 分别给出了烟囱受静态力顶部位移值和受动态力顶部位移值曲线, 顶部相应风向角下的动静位移比值如表 3 所示。烟囱 x 向在 90° 风向角下和 y 向在 0° 风向角下为烟囱 x 、 y 向的顺风向情况, 烟囱受动态力顶部位移值与受静态力顶部位移值的比值, 即等效

位移风振系数分别为 1.511 和 1.761。横风向下,烟囱受静态力顶部侧移很小,而考虑动态力和共振效应后,其顶部位移显著增大,说明涡流脱落频率与结构振动的固有频率接近,使结构产生了大幅振动。因而在此类烟囱结构的抗风设计过程中,应该考虑涡激共振给结构带来的不利影响。

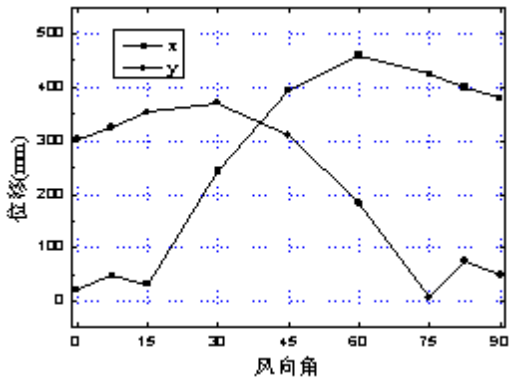


图 8 烟囱受静态力顶部位移值

Fig. 8 Top displacement of chimney under static force

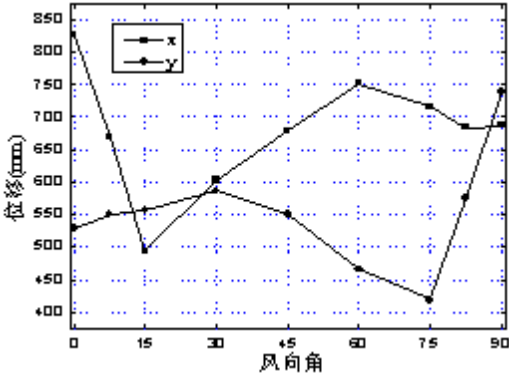


图 9 烟囱受动态力顶部位移值

Fig. 9 Top displacement of chimney under dynamic force

表 3 烟囱顶部动态位移与静态位移比值

Tab. 3 Ratio of dynamic and static displacement

风向角	0°	7.5°	15°	30°	45°	60°	75°	82.5°	90°
y 向	1.761	1.695	1.581	1.579	1.786	2.553	63.555	7.575	15.552
x 向	39.238	11.199	17.337	2.297	1.484	1.198	1.097	1.047	1.511

4 结论

通过对发电厂高耸异型烟囱的刚性模型测压风洞试验和模型高频动态天平试验,得到了如下主要结论:

- 1) 异型烟囱由于体型特殊、结构形式特殊,又有特殊建筑功能要求,设计风荷载无法确定,必须进行风洞试验,使风荷载计算更符合实际,以便合理地进行抗风设计。
- 2) 根据高频动态天平测力试验所得数据计算确定顺风向风振系数为 1.76,按照规范公式近似估算值为 1.47,两者相差较大。因此此类异型结构烟囱应按照试验确定顺风向风振系数。
- 3) 从试验结果可以看出,该烟囱结构的横风向振动响应与顺风向响应相当。在以往高耸结构设计中,除圆形截面外,往往对横风向风振力是不作考虑的,设计对此应给予足够重视,高耸烟囱结构设计应考虑顺风向和横风向风振力的组合。
- 4) 在烟囱外形有明显变化的局部区域,如圆弧和拐点处的测点上所测到的风压绝对值较大,这与理论分析是一致的。

参考文献:

[1] 楼文娟,孙炳楠,傅国宏等. 复杂体型高层建筑表面风压分布的特征[J]. 建筑结构学报,1995,16(6):38~44 (Lou Wenjuan, Sun Bingnan, Fu Guohong, et al. Distribution of wind load on surface of tall buildings with complex shapes. Journal of Building Structures, 1995,16(6):38~44 (in Chinese))

[2] Cook N J. A sensitive 6-component high frequency-range balance for building aerodynamics [J]. Journal of Physics E: Scientific Instruments, 1983, 16:390~393

[3] Tschanz T, Davenport A G. The base balance technique for the determination of dynamic wind loads [J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1983, 13:429~439

- [4] GB50009—2001 建筑结构荷载规范[S]. (GB50009—2001 Load code for the design of building structures (in Chinese))
- [5] 埃米尔·希缪, 罗伯特·H·斯坎伦; 刘尚培, 项海帆, 等译. 风对结构的作用——风工程导论[M]. 上海: 同济大学出版社, 1992 (E. Simiu, R. H. Scanlan. Wind Effects on Structures —— An Introduction to Wind Engineering. Shanghai: Tongji University Press, 1992 (in Chinese))
- [6] Tschanz T, Davenport A G. Experimental and theoretical approaches to the non-linear response of buildings to high wind [A]. 4th US National Conference on Wind Engineering Research[C]. Seattle, WA, USA, 1981
- [7] Boggs D W. Wind loading and response of tall structures using aerodynamic models [D]. Ph. D Dissertation, Colorado State University, 1991

Experimental Investigation for Wind Pressure and Wind Load Factor of Tall and Special-Shaped Chimney

LI Qing-xiang¹, SUN Bing-nan¹, LOU Wen-juan¹, TONG Jian-guo², FAN Wei-ding²,
YANG Shi-cai³, CHEN Dong-hong³

(1. College of Architecture and Civil Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, 310027, China; 2. ZheJiang Electric Power Design Institute, Hangzhou, 310007, China; 3. GuangDong Institute of Building Research, Guangzhou, 510500, China)

Abstract: An experimental study of wind pressure distribution on rigid models of a tall special-shaped chimney was carried out in the boundary layer wind tunnel. The wind pressure coefficients of mean, maximum and minimum values as well as body shape coefficients were obtained. The test results indicate that the pressures at the local positions with remarkable change of shape are much larger than at other areas, which match with the theory analysis. At the meantime, the high-frequency-force-balance tests of the model were carried out. In this paper, the methods of the wind tunnel tests and data processing are presented in detail, and the dynamic wind response and dynamic wind load factor of the chimney are calculated based on the experiment results. The wind load factor calculated according to experimental results is larger than that estimated on code formulas. These results can be useful not only for the design of the structure, but also for further investigation of the wind load and wind-induced vibration characteristics of such special-shaped chimney.

Key words: special-shaped chimney; rigid model; wind tunnel test; high-frequency-force-balance; wind load factor